

理 科

複数の種類の金属を用いて金属の性質をとらえる授業開発

—第4学年「物のあたたまり方」の実践を通して—

柘 植 一 輝

1 はじめに

平成20年度小学校学習指導要領解説¹⁾の中では、第3学年の単元「電気の通り道」、「磁石の性質」で扱う金属として鉄やアルミニウムが例示されている。これを受けて作成された第3学年の教科書5誌²⁾を調査したところ、4誌で鉄とアルミニウム、銅が、1誌で鉄とアルミニウムが物質名の紹介とともに実験で用いられていた。また、資料編として銅や金、銀、さらに合金の真鍮（黄銅）を紹介している教科書があった。

一方、第4学年の教科書5誌³⁾の単元「物のあたたまり方」を調査したところ、いずれの教科書も物質名を明らかにしない状態で、金属のあたたまり方を調べる実験が掲載されていた。また、4誌は1種類の金属のみで実験を行い、金属のあたたまり方を一般化していた。

小学校で理科を学習する4年間に、子どもたちはさまざまな単元の中で金属と出会うことになる。しかし、小学校のいずれの単元においても個々の金属の性質を学習する内容は明確に位置づけられていない。そのため、子どもはさまざまな種類の金属が別々の物質であること、金属は種類によって性質が異なることを十分に理解しないまま実験に金属を用いているのではないだろうか。さらに、金属のあたたまり方をとらえるためには、複数の種類の金属で実験を行いその結果から帰納的に一般化することが必要ではないだろうか。

筆者は昨年度、第3学年の単元「磁石の性質」において金属の種類と性質を学習に位置づけた指導の在り方を検討し、実践した。この単元では、種類を表す金属と、物質名を表す鉄、アルミニウ

ム、銅、真鍮、ステンレスなどの関係を学習し、それぞれが別々の物質であることを色や重さ、硬さの性質の違いから学習した。実験に金属を用いる単元において、金属それぞれの性質を取り上げることが、金属それぞれが別々の物質であることの理解につながると考えた。

2 授業開発と調査方法

第4学年の単元「物のあたたまり方」において、金属の性質の違いをとらえる授業を開発・実践し、質問紙調査により学習内容の効果を考察することにした。

(1) ねらい

授業開発を行うにあたって、次の2点をねらいとした。

- ①金属の熱伝導率の視点からそれぞれの金属の性質の違いをとらえさせる。
- ②帰納的に金属共通の性質を導く意味を考えさせる。

(2) 方略

複数の種類の金属を意図的に実験で用いることで、熱伝導率の視点、帰納的な思考に気づけるようにした。

①対象児と実践及び調査時期

広島県内の小学校第4学年1クラスの子ども30人を対象に、平成27年12月～平成28年1月に授業実践及び調査を行った。小集団の数は8グループであった。

②単元構成

授業実践をした単元は「物のあたたまり方」であった。授業計画は次のとおりである。

第1次 金属のあたたまり方（4時間）

- ・金属のあたたまり方
- ・金属のあたたまる速さの違い
- ・確かめの実験

第2次 水のあたたまり方（4時間）

- ・水のあたたまり方
- ・水が上からあたたまる理由

第3次 空気のあたたまり方（2時間）

授業実践は第1次で行い、第1次の学習終了後に質問紙による調査を実施した。

まず第1時では、2種類の金属を取り上げ、金属のあたたまり方を調べる実験を行う。このとき、子どもたちが金属のあたたまる速さの違いに気づけるように、表1の5種類の金属の熱伝導率⁴⁾を参考に、合金の真鍮とステンレスを除く銅、鉄、アルミニウムの中から金属の熱伝導率の差が大きくなる銅と鉄を用いる。

第2時では、金属の種類とあたたまる速さに着目して実験を行い、金属は種類によって熱の伝わりやすさが異なることを明らかにする。また、複数の種類の金属に共通する結果をもとに帰納的に金属のあたたまり方を一般化する。

第3時では、熱伝導率が高かった銅を用いて、正方形や凹型の板、棒を使って、金属のあたたまり方を確かめる実験を行う。

表1 金属の熱伝導率

銅	鉄	アルミニウム	真鍮 ^{*1}	ステンレス ^{*2}
395	72	240	128	16.5

(単位: $\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$)

*1 真鍮: Cu 70%, Zn 30%

*2 鋼(18-8 ステンレス): Cr 17.9%, Ni 8.0%, Mn 0.3%

(3) 調査方法

質問紙での調査は、図1に示した内容で行った。授業実践後、複数の種類の金属を用いて実験する意味を理解できているかを設問3と4、熱伝導率の視点から金属の性質を新たに学ぶことができたかを設問1, 2, 5から考察する。なお、設問1, 2は、単元導入前と第1次の学習後、設問3, 4, 5は第1次の学習後に調査を行った。

1 銅、鉄、アルミニウム、真鍮、ステンレスでできたフライパンがあります。あなたが料理で使うとしたらどの金属でできたものを使いますか。

2 どうしてその金属を選びましたか。

3 図のように銅の棒の一部を熱して、どのような順番であたたまっていくかを調べました。



実験が終わり、銅の棒があたたまる順番が分かりました。そのとき、Aさんが別の金属棒でも調べたと言いました。

あなたは別の金属棒で実験することの必要性（実験をする意味）についてどのように考えますか。

- ・必要がある（意味がある）
- ・必要がない（意味がない）

4 どうしてそのように考えましたか。

5 さまざまな形や大きさの金属板、金属棒のあたたまり方を確かめる実験で、銅を使ったのはなぜだと思いますか。

図1 調査内容

3 授業の実際

(1) 金属のあたたまり方

初めにロウをぬった銅板と鉄板(縦 45mm×横 150mm, 厚さ 0.5mm)を水平に設置し、それぞれの端をアルコールランプで熱し、金属板のあたたまり方を調べさせた。そして、どちらの金属もアルコールランプで熱したところから順に全体があたたまっていくことを確認させた。このとき子どもは、銅板と鉄板のあたたまる速さが異なることに関心を示す発言をしていた。この実験の各グループの記述は、表2のとおりであった。

表2 銅板と鉄板の端を熱したときの記述

グループ	内容
1	<ul style="list-style-type: none"> ・どちらも熱しているところから徐々に反対の方へ向かってロウはとけた。 ・銅板は速く（ウサギなみ）ロウがとけた。 ・鉄板は遅く（カメなみ）ロウがとけた。
2	<ul style="list-style-type: none"> ・熱したところから、ロウがとけた。 ・銅はとけるのが速いが、鉄板はロウが溶けるのが遅い。

3	・鉄は熱したところからゆっくりじわじわと熱が伝わった。 ・銅は速く熱が伝わった。
4	・銅板の方は、熱がいきとどきやすかった
5	・熱したところからどんどんあたたまる。 ・銅板は速くて、鉄板は遅くあたたまる
6	・熱したところからじわじわと熱が伝わった。 ・銅板のロウがとけるスピードは、鉄板よりも速い。
7	・銅板も鉄板も熱したところから徐々に熱が伝わる。 ・銅板は3秒くらいで全体に広がった。 ・鉄板は1分くらいで全体に広がった。
8	・熱したところからロウがとけて、熱が伝わった。

記述を分析したところ、7つのグループで銅板と鉄板のあたたまる速さの違いに着目した記述が見られた。

(2) 金属のあたたまる速さの違い

子どもたちはあたたまる速さの違いについてその原因を3つ考え出した。

- ・ロウを塗った量（厚さ）に差がある
- ・熱し方（炎の位置）に差がある
- ・銅と鉄（種類）であたたまる速さが異なる

多くの子どもは、「ロウを塗った量（厚さ）に差があるため」、「熱し方（炎の位置）に差があるため」という考え方であった。ところが、8グループすべてが銅板の方が鉄板よりも速くあたたまっていることから、ロウの塗り方、熱し方が直接的な原因とは考えにくいことになった。しだいに、「金属は種類によってあたたまる速さが違うのではないか」という考え方に変わっていった。また、あたたまる速さについては多くのグループが銅板と鉄板を比較して記録していたが、ウサギなみの速さ、カメなみの遅さという表現や、銅板は3秒、鉄板は1分という記録に異論が出たため、ストップウォッチで計時することになった。さらに、8グループが共通の実験を行うことで結果交流をしやすいするために、金属板の端から12cmのところに線を引いた。各金属のあたたまる速さは、板の端を熱し始めてから12cm先にあるロウが溶けるまでの時間を測定することにした。（図2）



図2 金属板のあたたまる速さを調べる

金属板に塗るロウの量や熱し方の条件をグループ内で統一し、金属は種類によってあたたまる速さが異なるのかを調べた。なお、第1時で使った銅、鉄に加えて、第3学年の単元「磁石の性質」で使ったアルミニウム、真鍮、ステンレスの5種類の金属について調べた。

5種類の金属について、あたたまる速さを調べた結果は表3、それをグラフにしたものは図3のようになった。ステンレスは長時間熱し続けても12cmの線までロウがとけなかったグループがあり、そのときは「以上」という表現をつかって記録させた。

表3 5種類の金属のあたたまる速さ

	銅	鉄	アルミニウム	真鍮	ステンレス
1	45 秒	164 秒	54 秒	91 秒	720 秒以上
2	40 秒	302 秒	43 秒	79 秒	420 秒以上
3	27 秒	109 秒	32 秒	67 秒	168 秒
4	36 秒	95 秒	37 秒	61 秒	193 秒
5	47 秒	169 秒	40 秒	78 秒	600 秒以上
6	48 秒	111 秒	54 秒	80 秒	353 秒
7	32 秒	120 秒	31 秒	73 秒	300 秒以上
8	51 秒	183 秒	44 秒	105 秒	420 秒以上

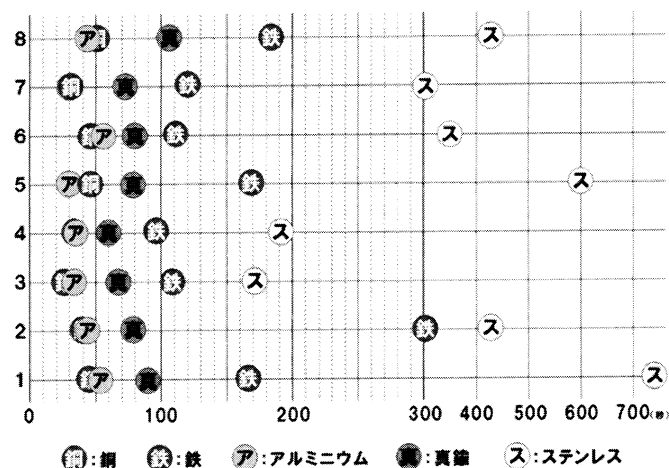


図3 5種類の金属があたたまる速さ(グラフ)

あたたまる速さは、金属の種類によって異なり、速い方から3番目が真鍮、4番目が鉄、5番目がステンレスと結論づけた。しかし、1番目と2番目の金属はグループによって結果が違ったことから、実験の仕方を再検討して銅とアルミニウムの2種類だけで改めて実験を行うことになった。再実験の結果は、表4のとおりとなった。

表4 銅とアルミニウムのあたたまる速さ

	銅	アルミニウム
1	50 秒	51 秒
2	41 秒	46 秒
3	39 秒	41 秒
4	58 秒	62 秒
5	45 秒	57 秒
6	40 秒	45 秒
7	46 秒	47 秒
8	58 秒	59 秒

再実験においても、銅とアルミニウムのあたたまる速さは僅差であったが、銅の方がアルミニウムよりも速くあたたまるという結論を得た。

(3) 確かめの実験

第1次の最後に、5種類の金属の中で最も熱伝導率が高かった銅を素材に選び、一辺15cmの正方形や凹型の板、長さ30cm棒を使い、金属は熱したところから順にあたたまることを確かめる実験を行った。

4 検証の結果と考察

質問紙による調査の結果を集計したところ、設問1、2それぞれの回答は、事前が表5、事後が表6のとおりであった。

表5 設問1、2の回答（事前）

金属 (設問1)	選んだ理由（人） (設問2)
銅	・鉄と比べて、銅は軽いから(1) ・さびにくいから(1) ・使ったことがないから(1)
鉄	・磁石につくから(2) ・固い/丈夫/われないから(8)

	・熱に強い/とけないから(3) ・その他(5)
アルミニウム	・軽いから(3)
真鍮	・金色できれいだから(1)
ステンレス	・さびにくいから(1) ・固いから(1) ・熱くなりにくいから(1) ・その他(2)

学習前、第3学年の単元「磁石の性質」で学習した金属の性質を理由に挙げて回答したのは、鉄で「磁石につくから」、アルミニウムで「軽いから」、ステンレスで「さびにくいから」の6人であった。

表6 設問1、2の回答（事後）

金属 (設問1)	選んだ理由（人） (設問2)
銅	・熱が速く伝わって、すぐに料理ができるから(2)
鉄	・銅、アルミニウム、真鍮は熱が伝わりやすすぎてこげやすいから(2) ・固い/丈夫/われないから(11) ・熱に強い/とけないから(5) ・その他(4)
アルミニウム	回答者なし
真鍮	・熱を伝えやすいから(1) ・使ったことがないから(1) ・固いし、とげにくい(1)
ステンレス	・一番熱を伝えにくく、こげないから(2) ・さびにくいから(1)

事後の回答で、今回学習した金属の熱伝導率を理由に挙げたのは、銅、鉄、真鍮、ステンレスで計7人であった。事前と事後で金属の選択を変えた子どもは14人で、このうち6人が熱伝導率を理由に挙げて回答していた。熱伝導率の視点で金属の性質を学習したことで、子どもが金属を選択する判断材料が増えたと考えられる。鉄は、5種類の金属の中であたたまる速さが4番目であったにも関わらず、このことが逆に食材をこがす心配がないと判断した子どもがいたことは、熱伝導率が高い金属が必ずしも調理にすぐれた金属と考えていないことが明らかとなった。

一方、23人は熱伝導率を選択の理由に挙げてい

ない。つまり熱伝導率の視点で金属の性質を学習しても、第4学年の子どもにとって身の回りの生活と金属の選択をつなげて思考することは容易ではないと考えられる。また、実生活においてフライパンや鍋などの調理器具が熱伝導率だけではなく、かたさ、手入れ・保管のしやすさ、重さ、価格などを総合的に考慮して選ばれていることからして、難しい設問であったと推察される。

なお、事後調査でアルミニウムを選択した子どもがいないのは、「5種類の金属板それぞれを12cmの線を越えても熱し続けた場合、とけてしまうのではないか」という疑問が子どもから出され、その検証実験を教師が演示したところ、アルミニウム板だけが少しずつ曲がってきたことが影響していると考えられる。

設問3「銅棒から別の金属棒に変えて実験する必要（意味）があるか」への回答を集計したところ、「必要がある（意味がある）」が27人、「必要がない（意味がない）」が3人であった。また、その理由を質問した設問4では、「必要がある（意味がある）」の回答は表7、「必要がない（意味がない）」の回答は表8のとおりであった。

表7 必要がある（意味がある）の回答

分類	回答内容（人）
I	<ul style="list-style-type: none"> ・他の金属でも銅と同じような順であたたまるか調べるため(4) ・銅のあたたまり方が分かっても、他の金属のあたたまり方が分からないから(2) ・銅のことだけ分かっても、他の金属ではあたたまり方が違うかもしれないから(1) ・すべての金属が同じなのか分からないから(1)
II	<ul style="list-style-type: none"> ・他の金属で実験すると比べられるから(3) ・別の金属で実験すると、その金属と何が違うのか分かるから(2) ・違う結果が出て、もっと他の実験もしたくなるから(2) ・他の金属でやると新しいことを調べられるから(3)
III	<ul style="list-style-type: none"> ・金属は種類によってあたたまるスピードが違うから(4)

	<ul style="list-style-type: none"> ・1つだけでもあたたまると分かるけど、2つやればどちらが速くあたたまるかまで分かるから(1)
IV	その他(4)

分類Iは、さまざまな種類の金属を用いて実験することで帰納的に一般化する意味を理解している内容である。分類IIは、比較することの意味を説明した内容である。また分類IIIは、金属の種類によって性質が異なるものがあることを前提として、あたたまると速さに言及した内容である。

表8 必要がない（意味がない）の回答

分類	回答内容（人）
i	<ul style="list-style-type: none"> ・銅であたたまり方が分かったから。時間の無駄になるから(1) ・銅も鉄も同じ金属だから。水銀のような液体の金属で実験するのなら必要だと思う(1)
ii	その他(1)

分類iは、一種類の金属のみで結論を出してよいという回答内容である。

本授業開発では、金属のあたたまり方を一般化する上で複数の種類の金属を取り上げる意味を子どもたちが感じられるようにすることを目的としている。分類II、IIIの回答は計15人であった。これらは金属の種類を変えて実験を行うと何らかの異なる結果が得られることを前提とした回答内容であり、事後調査においても学級の半数以上の回答が見られた。複数の結果から帰納的に一般化する意味を十分に指導することはできていないと考えられる。これは、子どもたちにとって水平に設置した金属板のあたたまり方は生活経験からも容易に予想することができ、複数の種類の金属を使って実験することの必然性が低かったためであると考えられる。

設問5「さまざまな形や大きさの金属板、金属棒のあたたまり方を確かめる実験で、銅を使ったのはなぜだと思いますか。」への回答は、表9のとおりであった。

表9 設問5への回答（複数回答）

回答内容（人）
・銅が一番速くあたたまるから（18）
・実験が早く終わるから（4）
・アルミニウムは熱し続けると曲がるから（4）
・アルミニウムは熱でとけるから（1）
・ステンレスは時間がかかりすぎる（1）
・その他（3）
・無回答（2）

あたたまる速さに言及した回答は、「銅が一番速くあたたまるから」と「ステンレスは時間がかかりすぎる」の計19人であった。また、銅と同じくらい熱伝導率の高かったアルミニウムを使わなかった理由として、「アルミニウムは熱し続けると曲がるから」という回答も見られた。このことから、銅を金属の代表として実験に用いた理由は理解できていると考えられる。

5 結論と今後の課題

本研究では、複数の種類の金属を実験で取り上げることで帰納的に金属共通の性質（あたたまり方）を導くとともに、熱伝導率の視点から金属の性質を指導することを授業開発の目的とした。

分析の結果、1種類の金属で容易に結論が出せる場合では、多くの子どもは他の金属で実験することの必然性を感じておらず、教師が展開の仕方を工夫したり、他の金属を使って実験する意味を語ったりしていく必要があると分かった。

また、子どもたちは銅と鉄の2種類の金属を使ってあたたまり方を調べる中で、あたたまる速さの違いには気づくことができた。しかし、その原因が金属そのものの性質の違いではなく、実験の仕方や条件の違いによるものと考えた子どもが多かったことから、実験に金属を用い単元において金属は種類によってさまざまな性質が異なるということを丁寧に指導する必要があると考える。

授業開発を行うにあたって、昨年度、第3学年の単元「磁石の性質」で扱った5種類（銅、鉄、

アルミニウム、真鍮、ステンレス）の金属を用いて実験を行った。しかし、銅とアルミニウムには約150 [$\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$]の熱伝導率の差があるが、子どもたちの実験操作の仕方によって条件に違いが生まれ、あたたまる速さが逆転することが多かった。このため、条件統一を考えた実験操作の仕方を考えさせることと合わせて、実験に用いる金属を選択する必要があると考える。

<引用・参考文献>

- 1) 文部科学省：「小学校学習指導要領解説 理科編」，2008，大日本図書。
- 2) 教科書5誌
 - ・東京書籍：「新編 新しい理科3」，pp. 104-133，2014 検定済み版。
 - ・啓林館：「わくわく 理科3」，pp. 110-141，2014 検定済み版。
 - ・教育出版：「みらいをひらく 小学理科3」，pp. 134-163，2014 検定済み版。
 - ・大日本図書：「新版 たのしい理科3年」，pp. 110-133，2014 検定済み版。
 - ・学校図書：「みんなと学ぶ 小学校理科3年」，pp. 94-117，2014 検定済み版。
- 3) 教科書5誌
 - ・東京書籍：「新編 新しい理科4」，pp. 144-157，2014 検定済み版。
 - ・啓林館：「わくわく 理科4」，pp. 130-143，2014 検定済み版。
 - ・教育出版：「みらいをひらく 小学理科4」，pp. 116-131，2014 検定済み版。
 - ・大日本図書：「新版 たのしい理科4年」，pp. 116-125，2014 検定済み版。
 - ・学校図書：「みんなと学ぶ 小学校理科4年」，pp. 138-149，2014 検定済み版。
- 4) 国立天文台：「理科年表2016」，p. 419，2015，丸善出版。